



1. Tytuł projektu:

Przekształtnikowy moduł mocy do uniwersalnego (AC-DC, DC-AC, DC-DC) w pełni modułowego systemu przekształcania energii wykorzystującego najnowsze technologie szeroko-przerwowych łączników mocy (SiC/GaN) oraz komunikacyjnych (5G/6G)

2. Słowa kluczowe

Power electronics bulidng block; funkcjonalne moduły mocy; SiC, GaN, 5G aplikacje nowych technologii w energoelektronice

3. Instytucja finansująca (nr umowy)

Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (04/IDUB/2019/94)

4. Okres realizacji

01.07.2020-31.12.2021

5. Dofinansowanie (w tym w 2021)

200 000 zł (w tym w 2021: 115 114 zł)

6. Partnerzy

-

7. Kierownik projektu

Dr hab. inż. Marek Jasiński, prof. uczelni

8. Zespół projektowy

mgr. Inż. Sebastian Bąba, mgr. inż. Serafin Bachman

9. Cel projektu (max. 1000 znaków)

Celem projektu jest opracowanie modułowego, konfigurowalnego przekształtnika energoelektronicznego o podwyższonej niezawodności do zastosowań w mikro sieciach prądu zmiennego i stałego, pojazdach elektrycznych i odnawialnych źródłach energii. Urządzenie, połączone z siecią 5G/6G, ma umożliwić większą integrację między poszczególnymi użytkownikami sieci elektrycznej. We wszystkich w/w aplikacjach widać wyraźny trend rynkowy do zwiększania niezawodności przekształtników

energoelektronicznych, co uzasadnia konieczność opracowania algorytmu sterowania odpowiednio wydłużającego czas życia komponentów krytycznych przekształtnika, a w efekcie – całego urządzenia. W/w przekształtnik będzie charakteryzował się budową modułową, umożliwiającą stosunkowo proste skalowanie układu.

10. Streszczenie (max. 1 strona)

W tym celu, w ramach projektu, zostanie zaprojektowany i wykonany modułowy układ półmostka, z którego można tworzyć topologie AC-DC, DC-AC, DC-DC niewielkiej mocy (do 5kW) o wysokiej gęstości energii, wykonany w oparciu o elementy z węgla krzemu lub azotku galu (SiC/GaN). Pomimo iż, elementy półprzewodnikowe z materiałów o szerokim paśmie zabronionym (WBG) znajdują coraz większe zastosowanie w odnawialnych źródłach energii i napędach elektrycznych, ich niezawodność – a w szczególności odporność na cykle temperaturowo-mocowe – dalej pozostaje tematem badań. Jednym ze sposobów na zwiększenie ich użytecznego czasu życia jest minimalizacja zmian temperatury złącza elementu półprzewodnikowego podczas jego pracy. Algorytm sterowania, będący przedmiotem badań w tym projekcie, ma na celu podwyższenie niezawodności opracowanego przekształtnika poprzez regulację sprawności urządzenia, a w efekcie – zmniejszenie amplitudy zmian temperatury elementów półprzewodnikowych dla typowego profilu pracy przekształtnika.

Wykorzystanie rozwijającej się technologii komunikacji bezprzewodowej pojazdów, odbiorników elektrycznych dużej mocy i przekształtników energoelektronicznych sprzężonych z siecią, spowoduje w przyszłości zwiększenie efektywności stabilizacji mocy w sieci elektroenergetycznej zgodnie z koncepcją „Intelligent Grid”. Modułarne przekształtniki energoelektroniczne, połączone z siecią 5G/6G – takie jak ten opisany we wniosku – będą kluczem do wdrożenia tej koncepcji na szeroką skalę. W tym celu, zakłada się optymalizację wyżej opisanego przekształtnika pod kątem możliwości kompensacji mocy biernej, zapadów i poprawa jakości energii elektrycznej.

11. Dotychczasowe osiągnięcia (max 2000 wyrazów)

1. Adaptacja i opracowanie koncepcji Power Electronics Building Block (PEBB) oraz sterowania niezawodnością (reliability control) modułowym przekształtnikiem AC-DC-DC .
2. Opracowanie prototypów mostków i półmostków w oparciu o technologię tranzystorów SiC oraz GaN. Badania porównawcze.
3. Opracowanie publikacji, "WBG-based PEBB module for high reliability power converters" dn. 2021.05.31 – przyjęta do druku w IEEE Access.

12. Publikacje

1. Serafin Bachman, Marek Jasinski, Sebastian Bąba, „A wide-bandgap based Power Electronic Building Block for reliable modular power converter”, 2020 IEEE 19th International Power Electronics and Motion Control Conference, Gliwice-Poland, 25-29.04.2021.
2. Sebastian Bąba, Serafin Bachman, Marek Jasiński, Marcin Żelechowski “WBG-based PEBB module for high reliability power converters” , IEEE Access (przyjęta do druku).

13. Materiały graficzne

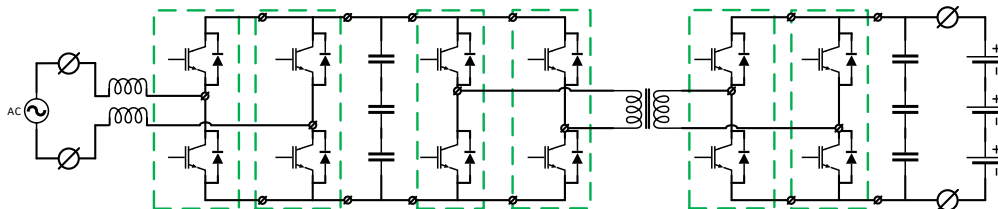


Figure 1/ Rysunek 1:

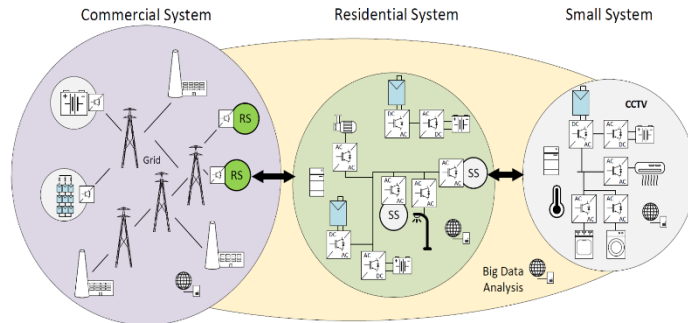
Simplified wiring diagram for the modular AC-DC-DC converter with high energy density. Green - basic functional module (half-bridge) /
 Uproszczony schemat elektryczny modułowego przekształtnika AC-DC-DC o wysokiej gęstości energii. Zielony – podstawowy moduł funkcjonalny (pół-mostek).

Porównanie sposobów praktycznej realizacji koncepcji PEBB

	Fully Autonomous Power Converter	Subservient Power Converter	Autonomous Power Module	Subservient Power Module
Simplified block diagram				
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> + Plug and Play + Easy Maintenance, Repair and Hot Swap + Concept suitable for redundant, high reliability power conversion systems + Concept suitable for step by step development of conversion system 		<ul style="list-style-type: none"> + Low manufacturing cost + High overall power density of power conversion system + Concept suitable for rapid prototyping and reconfigurable systems 	
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> - Lower overall power density of power conversion system - Relatively high cost of PEBB due to component redundancy (e.g. control modules, transformers, etc.) 		<ul style="list-style-type: none"> - Design of power conversion system requires vast engineering knowledge - Complex Maintenance and Repair - Lack of standardization 	

Analiza zastosowań komunikacji za pośrednictwem sieci 5G i 6G w różnych typach sieci elektroenergetycznych

5



Power Electronic Building Block (PEBB)

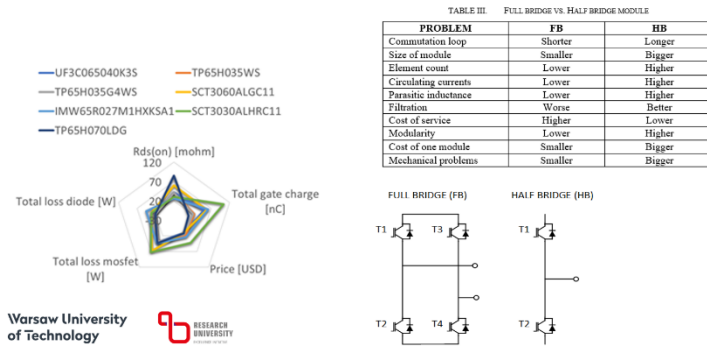
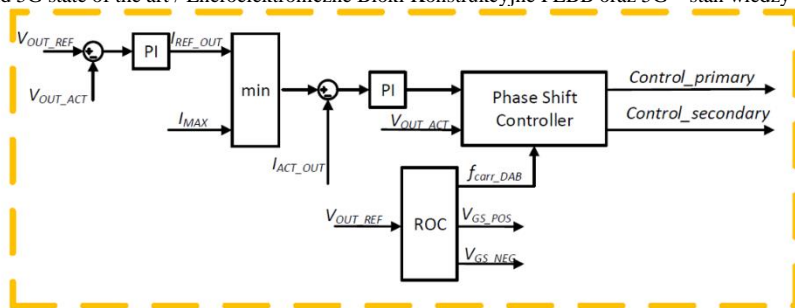


Figure 2/ Rysunek 2:

Power Electronics Building Block PEBB and 5G state of the art / Eneroelektroniczne Bloki Konstrukcyjne PEBB oraz 5G – stan wiedzy

Opis algorytmu

„Reliability Oriented Control” dla modułowego przekształtnika energoelektronicznego



Warsaw University of Technology

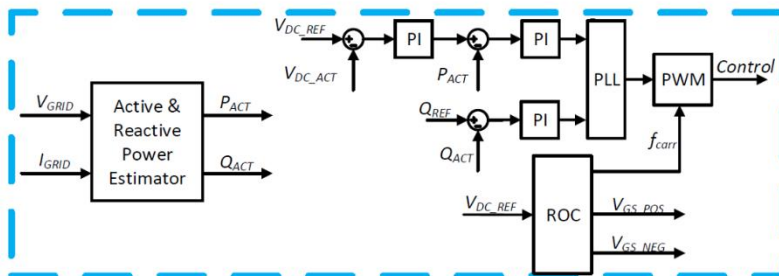
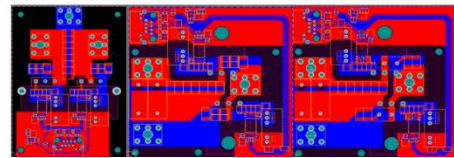
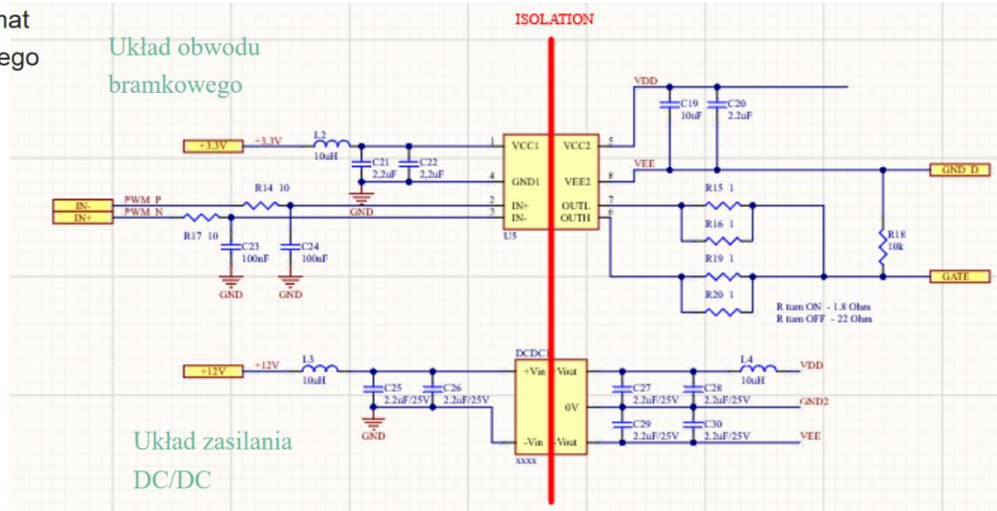


Figure 3/ Rysunek 3:

Block scheme of control methods / Schemat blokowy metod sterowania

Project in e.g. Altium Designer or/and other tools

Prototypy – schemat
obwodu bramkowego



Warsaw University
of Technology



Figure 4/ Rysunek 4:

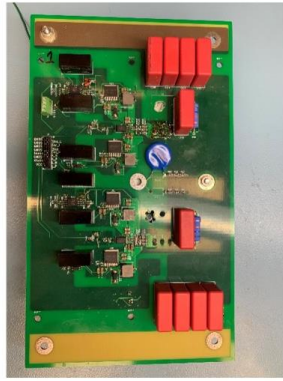
Altium designer project.

Visualisations + Photos / Wizualizacje + Zdjęcia

Prototypy realizowane w ramach projektu



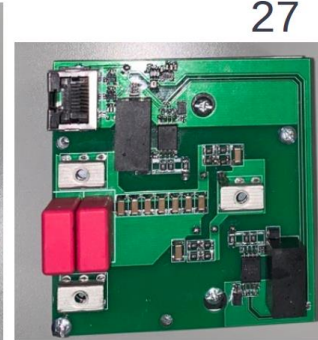
FB – 120x200mm



Stanowisko testowe
SiC vs GaN



Półmostek V1 –
80x60mm



Półmostek V2 –
80x80mm

27

Warsaw University
of Technology



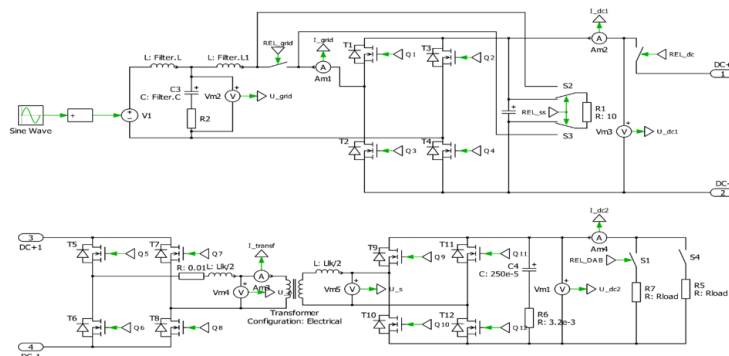
- Porównanie układów:
- Full Bridge / Half Bridge oraz
- tranzystorów GaN / SiC przygotowano kilka stanowisk testowych

Figure 5/ Rysunek 5:

Prototypes / Prototypy

Simulation Models + Laboratory Model / Model symulacyjny+ Model laboratoryjny

Model
Symulacyjny
w programie
PLECS



Warsaw University
of Technology



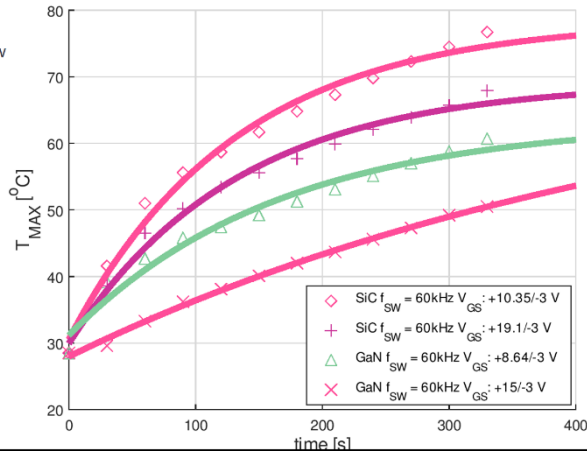
Figure 6/ Rysunek 6:

Simulation model / Model symulacyjny

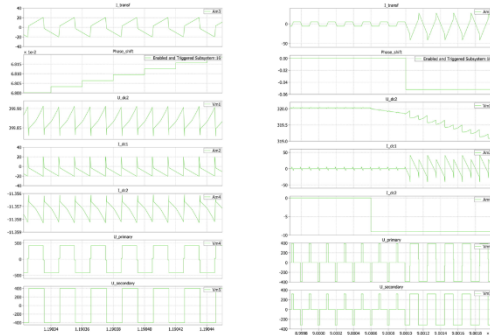
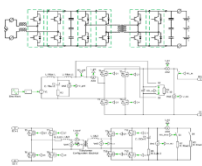
Simulation results + Laboratory results / Wyniki badań symulacyjnych+ Wyniki badań laboratoryjnych

Wyniki badań laboratoryjnych – porównanie tranzystorów SiC i GaN

Warsaw University of Technology



Model symulacyjny – przebiegi PEBB – AC/DC



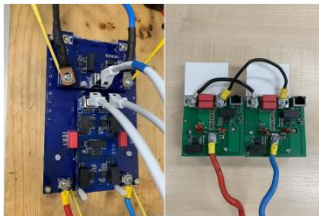
Warsaw University of Technology

RESEARCH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Phase_shift zadane przesunięcie fazowe, U_dc2 napięcie stałe po stronie wtórnej DAB, I_dc1 prąd stały po stronie pierwotnej DAB, I_dc2 prąd stały po stronie wtórnej DAB, U_primary napięcie pierwotne na transformatorze, U_secondary napięcie wtórne na transformatorze.

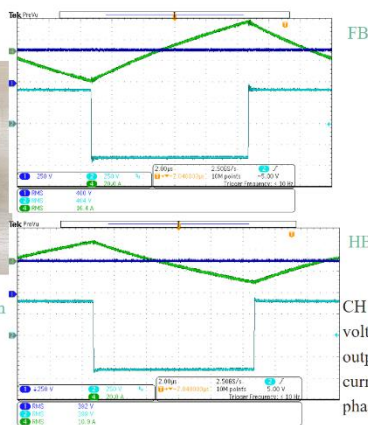
Moduły Full Bridge (FB) vs 2 x Half Bridge (HB)

V_{in}=400V, I_{nom} = 16A, f_{sw} = 50kHz



FB – 120x200mm

2xHB – 120x160mm



29

CH1 blue – input DC voltage, CH4 green – output DC current, CH2 cyan – phase voltage

Warsaw University of Technology

RESEARCH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Figure 6/ Rysunek 6:

Simulation and experimental results/ Wyniki badań symulacyjnych i laboratoryjnych

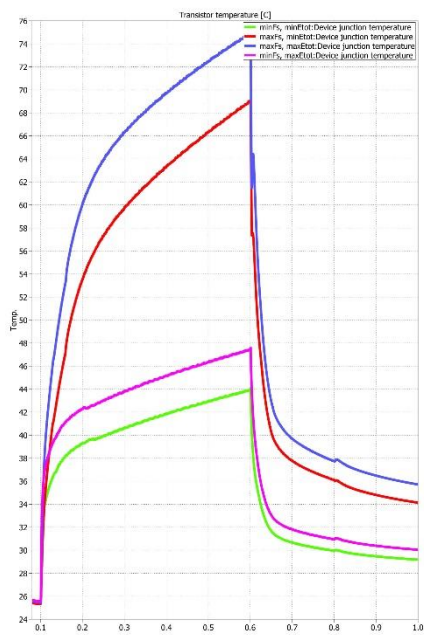


Figure 5/ Rysunek 5:

Wyniki testów termicznych przekształtnika pod kątem badań strat tranzystora zależnie od zmian napięcia bramkowego oraz częstotliwości.

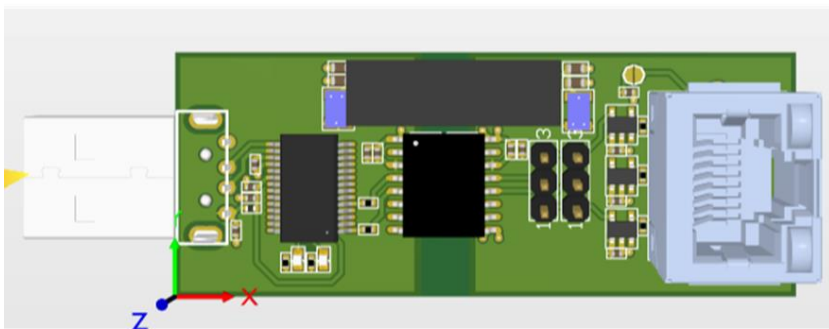
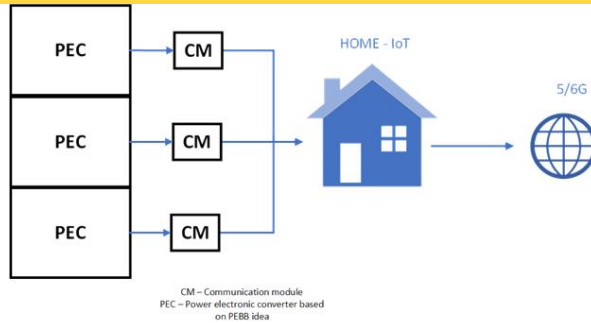


Figure 7/ Rysunek 7: Konceptyjne założenie pracy przekształtnika domowego w połączeniu z siecią teleinformatyczną 5G.